



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114012267 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 08

(21) 申请号 202111402113.0

(22) 申请日 2021.11.19

(71) 申请人 华能国际电力股份有限公司

地址 100031 北京市西城区复兴门内大街6号华能大厦

申请人 西安热工研究院有限公司

(72) 发明人 唐文书 肖俊峰 张炯 高斯峰

南晴 李永君

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任

公司 61200

代理人 范巍

(51) Int. Cl.

B23K 26/348 (2014.01)

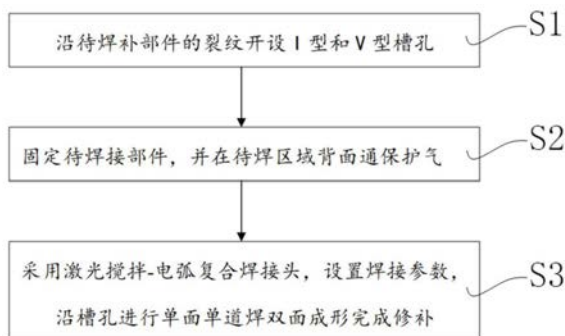
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法

(57) 摘要

本发明公开了一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,属于冶金技术领域,沿待修补工件的裂纹开设槽孔,固定待修补工件,沿槽孔进行单面单道激光搅拌-电弧复合填丝焊双面成形。该方法结合了激光搅拌焊接头和电弧复合填丝的优势,可增大激光光斑、减小气孔缺陷,同时利用搅拌激光束与电弧填丝耦合作用,进一步提高增大熔池宽度和焊缝填充性,有效解决传统单一激光焊在焊接修复燃气轮机高温部件裂纹损伤时存在裂纹间隙适应性差、气孔率高等突出问题,最终获得上宽下窄、正面和背面微凸、填充饱满、无气孔缺陷的焊缝。本发明操作简单,方法可靠,适用性和通用性强,经济性好,能够充分满足燃气轮机高温部件大间隙裂纹损伤的修补要求。



1. 一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、沿待修补工件的裂纹开设敞口型槽孔,并对槽孔进行打磨和清洗;

步骤2、对工件进行固定并在待焊区域的背面通保护气;

步骤3、调整激光-电弧复合焊接头使其形成的激光光斑位于槽孔中心位置,然后设置焊接参数;

步骤4、在焊接过程中,控制激光光斑的摆动频率和摆动直径,使光斑路径呈螺旋型的焊接路径,同时使电弧填丝与激光光斑耦合对焊丝熔融增加熔宽,沿槽孔方向进行单面单道填丝焊双面成形,完成待工件的裂纹损伤修补。

2. 根据权利要求1所述的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,步骤1所述敞口型槽孔为V型或I型槽孔。

3. 根据权利要求2所述的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,所述槽孔的坡度为 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$,槽孔的底面间隙最大为3mm。

4. 根据权利要求1所述的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,步骤1中所述打磨和清洗的方法如下:

采用砂纸将裂纹及其附近部件表面区域打磨出金属光泽,然后在丙酮和稀盐酸中进行超声清洗。

5. 根据权利要求1所述的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,步骤3中所述焊接参数如下:激光功率为2000~5000A,电弧电流为80A~180A,焊速为10~30mm/s,丝速为20~120mm/s,焊枪的前倾角 $60\sim 90^{\circ}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,步骤4中所述摆动直径为0.3~3mm,摆动频率为10~300HZ。

7. 根据权利要求1所述的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,步骤4中激光光斑的摆动位置位于槽孔底面间隙 ± 0.5 mm范围内。

8. 根据权利要求1所述的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,所述修补工件的材质为Hastelloy X、HS-188、Nimonic263、SS309、RA333、Tomilloy、FSX414、GTD111、GTD222、MGA1400、MAR-M200Hf或MAR-M002。

9. 根据权利要求8所述的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,其特征在于,所述修补工件的厚度为3~12mm。

一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法

技术领域

[0001] 本发明属于自动焊接技术领域,具体涉及一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法。

背景技术

[0002] 燃气轮机火焰筒、过渡段、透平静叶片以及护环等高温部件作为燃气轮机的核心部件,是工作环境最恶劣、结构最复杂、故障最多、更换费用最高的部件。在长时间高温、高应力和频繁启停条件下服役,高温部件不可避免地产生不同程度的裂纹损伤(裂纹间隙高达3mm),严重影响其服役安全性。为了减少高温部件的报废率,保证燃气轮机发电设备经济、安全运行,燃气轮机高温部件裂纹损伤的修补方法已受到国内外研究者们的关注。

[0003] 激光焊已成为F级燃气轮机热通道部件的主要熔焊修复方法。然而,激光焊对装配间隙要求较传统熔焊工艺更为苛刻,一般要求间隙控制在板厚的10~15%以内,最大间隙不能超过0.3mm,且单一激光束易致焊缝产生气孔缺陷,提供工件报废率,因此限制其在高温部件大间隙裂纹焊接修复领域的应用。根据高温部件基体厚度大范围宽、裂纹间隙大等特点,探索结构简单、适应性更佳、光斑直径更大的激光焊接头,提高焊接效率、降低修复成本,是未来热通道部件焊接修复技术的发展趋势。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术中,本发明提供了一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,有效解决单一激光束焊接头的裂纹间隙适应性差和气孔率高的难题。

[0005] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1、沿待修补工件的裂纹开设敞口型槽孔,并对槽孔进行打磨和清洗;

[0008] 步骤2、对工件进行固定并在待焊区域的背面通保护气;

[0009] 步骤3、调整激光-电弧复合焊接头使其形成的激光光斑位于槽孔中心位置,然后设置焊接参数;

[0010] 步骤4、在焊接过程中,控制激光光斑的摆动频率和摆动直径,使光斑路径呈螺旋型的焊接路径,同时使电弧填丝与激光光斑耦合对焊丝熔融增加熔宽,沿槽孔方向进行单面单道填丝焊双面成形,完成待工件的裂纹损伤修补。

[0011] 优选的,步骤1所述敞口型槽孔为V型或I型槽孔。

[0012] 优选的,所述槽孔的坡度为 60° ~ 90° ,槽孔的底面间隙最大为3mm。

[0013] 优选的,步骤1中所述打磨和清洗的方法如下:

[0014] 采用砂纸将裂纹及其附近部件表面区域打磨出金属光泽,然后在丙酮和稀盐酸中进行超声清洗。

[0015] 优选的,步骤3中所述焊接参数如下:激光功率为2000~5000A,电弧电流为80A~

180A,焊速为10~30mm/s,丝速为20~120mm/s,焊枪的前倾角60~90°。

[0016] 优选的,步骤4中所述摆动直径为0.3~3mm,摆动频率为10~300HZ。

[0017] 优选的,步骤4中激光光斑的摆动位置位于槽孔底面间隙±0.5mm范围内。

[0018] 优选的,所述修补工件的材质为Hastelloy X、HS-188、Nimonic263、SS309、RA333、Tomilloy、FSX414、GTD111、GTD222、MGA1400、MAR-M200Hf或MAR-M002。

[0019] 优选的,所述修补工件的厚度为3~12mm。

[0020] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0021] 本发明一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,该方法结合了激光搅拌焊接头和电弧复合填丝,通过控制激光的输出路径使其与电弧填丝耦合,在焊接头移动的情况下,激光搅拌焊接头的输出光斑路径呈螺旋型,激光光束对熔池有搅拌作用,使得熔池更加宽大且填充饱满,达到排除焊缝中气孔的目的,同时,光斑直径远远大于传统单激光焊接头的输出光斑直径,达到放大激光光斑的目的,克服传统单激光束焊接头对裂纹间隙的适应性差的不足。另一方面,结合电弧填丝的优势,焊丝不断送入熔池,对裂纹焊缝起到很好的填充作用,同时,电弧的输入可进一步增加熔宽,增加该焊接方法对裂纹间隙的适应性,最终获得上宽下窄、正面和背面微凸、填充饱满、无气孔缺陷的焊缝。该激光焊修补方法更加适用于中厚板部件的更大间隙裂纹的无气孔缺陷修补,克服了高温合金传统单一激光填丝焊存在裂纹间隙适应性差、气孔率高等突出问题。

附图说明

[0022] 图1为本发明实施例的一种燃气轮机高温部件裂纹损伤的激光搅拌-电弧复合焊接修复流程;

[0023] 图2本发明一种燃气轮机高温部件裂纹损伤的激光搅拌-电弧复合焊接头结构示意图;

[0024] 图3本发明激光搅拌-电弧复合焊接头和传统单激光焊接头焊接修复透平静叶片材料裂纹损伤后的焊缝形貌。

[0025] 图中:1—摆动激光焊接头;101—准直镜片;102—Y轴摆动镜片;103—X轴摆动镜片;104—Y轴驱动电机;105—X轴驱动电机;106—聚焦镜片;2—电弧焊枪;3—焊枪夹持环;4—送丝机构;5—弧焊电源;6—光斑和熔池区域。

具体实施方式

[0026] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范畴。

[0027] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆

盖不排除的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0028] 参阅图1-3,一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,包括以下步骤:

[0029] 步骤1、沿待修补工件的裂纹开设坡口槽孔。

[0030] 具体的,采用机械打磨的方法将工件裂纹的截面修正为V型或I型槽孔,所述槽孔的坡度为 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$,槽孔的底面间隙最大为3mm,然后在用砂纸将裂纹及其附近部件表面区域打磨出金属光泽,最后在丙酮和稀盐酸中进行超声清洗。

[0031] 步骤2:固定待焊接部件,并在待焊区域的背面通保护气。

[0032] 具体的,用焊接工装夹具固定待修补工件,确保待修补工件准确定位并夹紧,防止待修补工件在焊接过程中发生变形。

[0033] 步骤3、调整激光-电弧复合焊接头使其形成的激光光斑位于槽孔中心位置,然后设置焊接参数。

[0034] 焊接参数如下:激光功率为2000~5000A,电弧电流为80A~180A,焊速为10~30mm/s,丝速为20~120mm/s,焊枪的前倾角 $60\sim 90^{\circ}$ 。

[0035] 步骤4、在焊接过程中,控制激光光斑的摆动频率和摆动弧度,使光斑路径呈螺旋型的焊接路径,同时使电弧填丝与激光光斑耦合,沿槽孔方向进行单面单道填丝焊双面成形,完成待修补工件的裂纹损伤修补。

[0036] 所述摆动弧度为0~3mm,摆动频率为10~300HZ。

[0037] 在一定裂纹间隙条件下,激光光斑的摆动弧度处于槽孔底面间隙 $\pm 0.5\text{mm}$ 范围内,选择合适的激光功率、电弧电流、摆动频率可减少焊接的热输入。

[0038] 工件的材质为Hastelloy X、HS-188、Nimonic263、SS309、RA333、Tomilloy、FSX414、GTD111、GTD222、MGA1400、MAR-M200Hf和MAR-M002等,厚度为3~12mm。

[0039] 工件为燃气轮机高温部件,包含火焰筒、过渡段、燃料喷嘴以及透平静叶片等。

[0040] 本发明一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,该方法结合了激光搅拌焊接头和电弧复合填丝,通过控制激光的输出路径使其与电弧填丝耦合,在焊接头移动的情况下,激光搅拌焊接头的输出光斑路径呈螺旋型,激光光束对熔池有搅拌作用,使得熔池更加宽大且填充饱满,达到排除焊缝中气孔的目的,同时,光斑直径远远大于传统单激光焊接头的输出光斑直径,达到放大激光光斑的目的,克服传统单激光束焊接头对裂纹间隙的适应性差的不足。另一方面,结合电弧填丝的优势,焊丝不断送入熔池,对裂纹焊缝起到很好的填充作用,同时,电弧的输入可进一步增加熔宽,增加该焊接方法对裂纹间隙的适应性,最终获得上宽下窄、正面和背面微凸、填充饱满、无气孔缺陷的焊缝。该激光焊修补方法更加适用于中厚板部件的更大间隙裂纹的无气孔缺陷修补,克服了高温合金传统单一激光填丝焊存在裂纹间隙适应性差、气孔率高等突出问题。以服役透平静叶片材料为例,在裂纹间隙为3.0mm时,运用本发明的焊接修补方法,获得的透平静叶片大间隙裂纹焊缝正面和背面均微凸饱满,无气孔缺陷。

[0041] 该焊接方法尤其适合现役E级、F级甚至H级燃气轮机高温部件的裂纹焊接修补,用于在役重型燃气轮机火焰筒、过渡段、透平静叶片等主要燃气轮机高温部件裂纹损伤的焊

接修补,具有极强的通用性。对于高温部件裂纹损伤是决定部件是否可继续服役的主要考虑因素,因此该发明用于高温部件的修补,修补后还可继续服役至下一个检修周期,从而减少部件的报废率并带来巨大的经济效益,具有广泛的应用前景。其主要程序包含坡口加工、固定部件及激光焊,不同高温部件的主要焊接修补过程基本相同,不仅操作简单、方法可靠、适用性和通用性强,且便于流程化操作。

[0042] 参阅图2,步骤3中所述激光-电弧复合焊接头包括摆动激光焊接头1,以及电弧焊枪2和焊枪夹持环3;摆动激光焊接头1内部设有准直镜片101、X轴反射镜片103、Y轴反射镜片102和聚焦镜片106,准直镜片101位于激光的输出光路上,X轴反射镜片103位于准直镜片101的反射光路上,Y轴反射镜片102位于X轴反射镜片103的反射光路上,聚焦镜片106位于X轴反射镜片103的反射光路上,自上而下依次组成了激光焊接头的激光传输光路;X轴反射镜片103和Y轴反射镜片102分别通过X轴驱动电机105和Y轴驱动电机104实现X轴镜片和Y轴镜片的摆动,以形成所需光斑路径,达到放大激光光斑、搅拌熔池的效果;电弧焊枪与弧焊电源及送丝机构相连,摆动激光焊接头通过焊枪夹持环与焊枪相连,电弧焊枪送出的焊丝201始终保持在熔池区域6。

[0043] 激光-电弧复合焊接头通过驱动电机实现激光光束沿X轴和Y轴的摆动,焊枪夹持环与焊枪相连,焊枪输出的搅拌激光束与电弧填丝耦合使得熔池更加宽大且填充饱满,使得该激光焊修补方法更加适用于中厚板部件的更大间隙裂纹的无气孔缺陷修补,克服了高温合金传统单一激光填丝焊存在裂纹间隙适应性差、气孔率高等突出问题。

[0044] 实施例1

[0045] 在6mm厚的透平静叶片所用FSX414高温合金试板材料上开V型槽孔,槽孔的底面间隙为3.0mm;用砂纸将V型槽孔及其附近材料表面区域打磨出金属光泽,后在丙酮和稀盐酸中超声清洗,去除脏物、油污及灰尘等;用带冷却系统的平板工装固定好试板,背面通保护气,气流量为25L/min;摆动弧度为2.5mm,摆动频率为150HZ,激光功率为3500A,电弧电流为145A,焊速为12mm/s,丝速为70mm/s,焊枪的前倾角为60°。焊后得到上宽约3.8mm、下宽约1.3mm、成型良好、填充饱满、无气孔缺陷的焊缝。

[0046] 图3对比了采用本发明激光-电弧复合焊接头和传统单激光焊接头焊接修复透平静叶片裂纹损伤后的效果,图3a为使用激光搅拌-电弧复合焊接头所得焊缝形貌,图3b为传统单一激光焊焊缝形貌。可看出,激光搅拌-电弧复合焊接头所得焊缝截面形状均呈Y型,但激光搅拌-电弧复合焊接头所得焊缝更宽大,激光搅拌-电弧复合焊接头所得焊缝正面宽是传统单激光焊接头所得焊缝正面宽的约8~10倍,这归因于激光搅拌-电弧复合焊接头的放大激光光斑、搅拌熔池、以及电弧填丝和激光耦合增大熔池宽度等的作用。

[0047] 本发明一种燃气轮机高温部件裂纹损伤激光-电弧复合焊接方法,结合了新型激光搅拌焊接头和电弧复合填丝的优势,既考虑了不同燃气轮机部件的厚度各异和裂纹间隙尺寸,均可通过开坡口、激光搅拌焊接头和电弧填丝的方法,最终形成焊缝成型良好,外形饱满、性能满足要求的大T型钉头状焊接接头,具有极强的适用性。同时,本发明所述的焊接修补方法不仅操作简单、方法可靠、适用性和通用性强,且便于流程化操作,能够满足燃气轮机高温部件裂纹损伤修补要求。

[0048] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书

的保护范围之内。

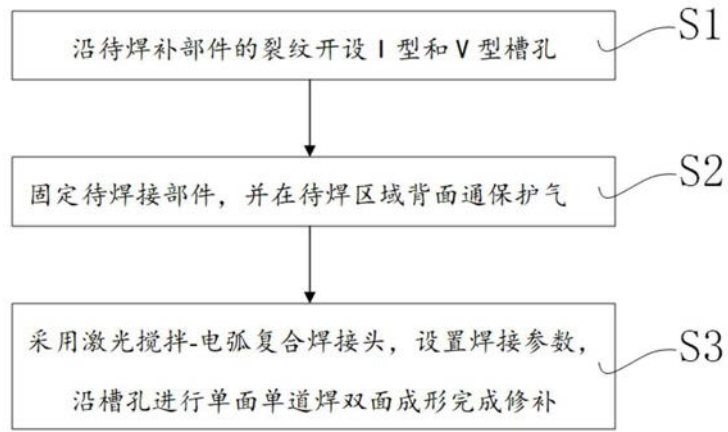


图1

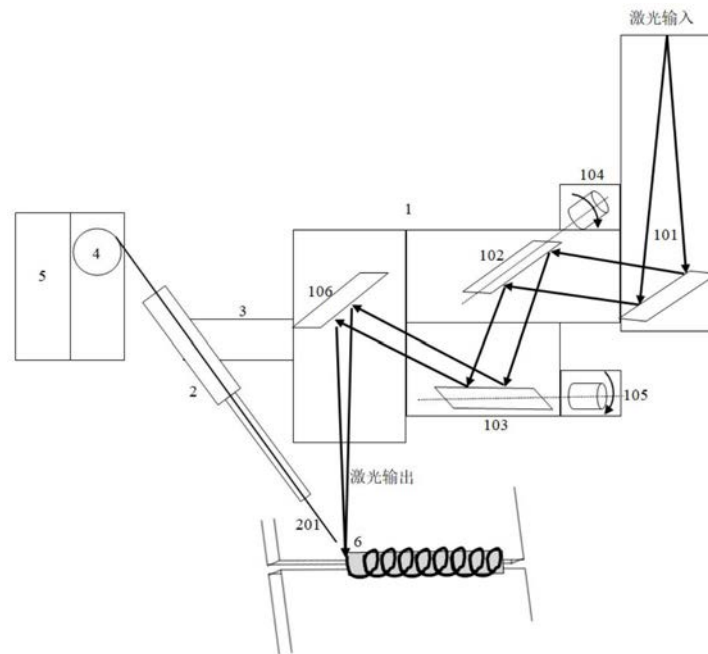
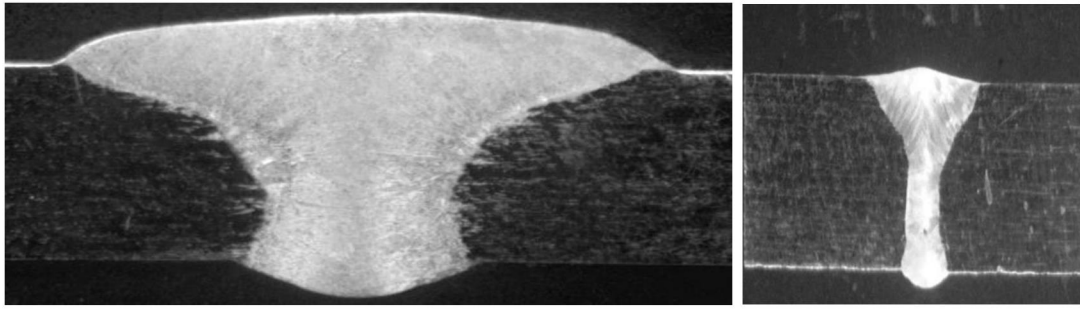


图2



(3a)

(3b)

图3